



Faculty of Engineering  
Widya Mandala Surabaya  
Catholic University

ISSN 1412-727X

+ PROCEEDINGS OF

20  
05  
27.06.05

THE 4<sup>th</sup> NATIONAL CONFERENCE ON

**DESIGN and  
APPLICATION of  
TECHNOLOGY**

+ ELECTRICAL + CHEMICAL + INDUSTRIAL

**Proceedings of**

**The 4<sup>th</sup> National Conference  
Design and Application of Technology 2005**

**Section 3: Industrial Engineering**

**Surabaya, 27<sup>th</sup> June 2005**

**Editors**

**Antaresti**

**Kris Pusporini**

**L. Anastasia Maukar**

**Ferry A. V. Toar**



**Faculty of Engineering  
Widya Mandala Surabaya Catholic University  
ISSN 1412-727X**

**Proceedings of**

**The 4<sup>th</sup> National Conference  
Design and Application of Technology 2005**

**Organizing Committees**

**Ir. Setiyadi, MT – Chairman**

**Advisory Committees**

**Prof. Dr. Ir. Mohammad Nuh, DEA**

**Dr. Ir. Budi Husodo Bisowarno**

**Dr. Ir. Budi Santoso W., M.Eng.**

**Prof. Mudjijati, Ph.D**

**Hartono Pranjoto, Ph.D**

**Julius Mulyono, ST, MT**

**Djoko Wirjawan, Ph.D**

*Acting Editor, National Conference Proceedings on Design and Application of Technology 2005*

*Surabaya, Juni 2005*

*Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya  
Design Education Teams*

*Dr. Rahmanto, M.Eng., M.Eng.*



## Contents

### Keynote paper

- Mendorong Kewirausahaan Teknologi (Technopreneurship) di Lingkungan Perguruan Tinggi:  
Peningkatan Peran dalam Membangun Daya Saing 1  
*Tatang A. Taufik*

### Paper Section 3

- Implementasi Total Quality Management, Kinerja Bisnis, dan Kinerja Operasional: Usulan Kerangka  
Kerja dan Instrument 27  
*Lena Ellitan*
- The Influence of Manufacturing Strategies as Moderators of Technology-Manufacturing Performance  
Relationship: An Evidence from Indonesia 38  
*Lena Ellitan*
- Distribution Requirements Planning* untuk Produk Pakan Ternak pada PT. Sierad Feedmill 50  
*Helena J. Kristina, Yenny Setiawati*
- Concept and Design of On-Line Prediction Market 58  
*Enda D. Layuk Allo*
- Penalty Method in Constrained Optimization 64  
*Parwadi*
- Model Hubungan antara Budaya Organisasi dan Perilaku Manajer terhadap Kepuasan Kerja Karyawan 68  
*Parwadi*
- Sistem Inventori Model Periodic Review Multi Item Single Supplier Dengan Batasan Modal Kerja  
Pada Lingkungan Permintaan Yang Dinamis 74  
*Ali Parkan, Yuli Agusti Rochman*
- Equal Run Out Order Quantity pada Joint Replenishment Order Multi Item Single Supplier dengan  
Reorder Point yang Tidak Simultan 80  
*Elisa Kusri*
-  Multi Floor Facility Layout sebagai Alternatif Penyusunan Layout untuk Memanfaatkan Karakteristik  
Lahan 85  
*Yosef Daryanto*
- Modifikasi ATBM Biasa Menjadi ATBM Teropong Berkait 93  
*Dwi Suheryanto, Tri Haryanto, Djumala Machmud*
- Rekayasa Peralatan Pintal Agel 100  
*Dwi Suheryanto, Djumala Machmud*
- Evaluasi Performansi Proses Produksi Toothbrush untuk Meningkatkan Tingkat Penerimaan  
Konsumen: Studi Kasus di PT. X Surabaya 107  
*Agnes Veti Krisnowati, Ig. Jaka Mulyana*
- Pengaruh Warna dan Bentuk Terhadap Respon Manusia 115  
*Julius Mulyono, Martinus Edi Sianto*
- Pengukuran Partial Energi, Alat dan Tenaga Kerja Pada PT Inkaba Bandung, Tahun 2002 120  
*Halim Rusjdi, Sahlan*



## MULTI FLOOR FACILITY LAYOUT SEBAGAI ALTERNATIF PENYUSUNAN LAYOUT UNTUK MEMANFAATKAN KARAKTERISTIK LAHAN

**Yosef Daryanto**

Dosen Program Studi Teknik Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta  
Email: daryanto@mail.uajy.ac.id

### ABSTRAK

Dalam makalah ini akan dibahas alternatif penyusunan tata letak pabrik dengan menyusun fasilitas menjadi bertingkat (*multi floor facility layout*). Meskipun belum banyak digunakan, namun *multi floor facility layout* dapat menjadi alternatif pilihan, terutama dengan melihat kondisi lahan/tanah yang tidak selamanya datar, misalnya pada daerah pegunungan dan sekitar aliran sungai. *Multi floor facility layout* mempunyai kompleksitas yang lebih tinggi daripada *single floor facility layout*. Kompleksitas muncul karena adanya perpindahan vertikal antar lantai, adanya batasan luas ruangan antar lantai, dan penentuan titik pemindahan material secara vertikal. Namun dengan perkembangan teknologi pemindahan material dan karakteristik lahan yang dapat mengurangi pemindahan material secara vertikal, *multi floor facility layout* dapat menjadi salah satu alternatif *layout*. Untuk itu perlu adanya penelitian apakah penyusunan *multi floor* untuk karakteristik lahan seperti ini lebih menguntungkan daripada penyusunan *single floor*.

Kata kunci: *multi floor facility layout*, karakteristik lahan, pemindahan material

### 1. PENDAHULUAN

Perencanaan fasilitas sebenarnya merupakan aktivitas yang mempunyai siklus hidup (*life cycle*) tertentu atau dapat dikatakan sebagai *closed loop process* (Gambar 1). Meskipun suatu fasilitas ditentukan satu kali pada awalnya, namun kadang harus direncana ulang untuk menyesuaikan fasilitas dengan tujuan atau kebutuhan yang berubah [9].

Dalam proses perancangan fasilitas kita akan memunculkan sejumlah alternatif yang kemudian setelah kita evaluasi kita tentukan rencana yang terbaik untuk kita implementasikan. Berdasarkan aktivitas produksi yang kita lakukan serta mesin yang dibutuhkan kita menentukan luas ruang/area yang dibutuhkan. Pertama mungkin kita akan menentukan tipe layout yang akan kita bangun. Berdasarkan volume produksi dan variasi produk yang dihasilkan kita dapat menentukan tipe layout yang sesuai baik itu *product layout*, *process layout*, *group technology layout*, *fixed location layout*, atau bahkan mungkin gabungan beberapa tipe layout. Berdasarkan tipe layout yang telah didapatkan bisa kita lanjutnya dengan penyusunan layout dengan berbagai prosedur dan algoritma yang telah dikembangkan.

Pada umumnya kita akan menyusun layout tersebut sebagai *single floor facility*. Mesin-mesin ditempatkan baik berupa departemen fungsional, lintasan, maupun sel-sel manufaktur dalam satu lantai. *Multi floor facility* belum menjadi pilihan yang banyak dikembangkan, padahal *multi floor facility* mempunyai keuntungan seperti misalnya pemakaian lahan yang lebih kecil sehingga investasi yang dikeluarkan juga lebih sedikit. Memang *multi floor facility* juga mempunyai sejumlah kerugian seperti adanya pemindahan material secara vertikal yang membutuhkan peralatan *material handling* khusus. Dari keuntungan dan kerugian itulah maka nampak bahwa kita dapat menjadikan *multi floor facility* sebagai salah satu alternatif, dan dapat kita pilih jika menunjukkan keuntungan yang lebih besar dari alternatif lainnya. Kita dapat menggunakan ukuran *material handling cost* sebagai pembandingnya.

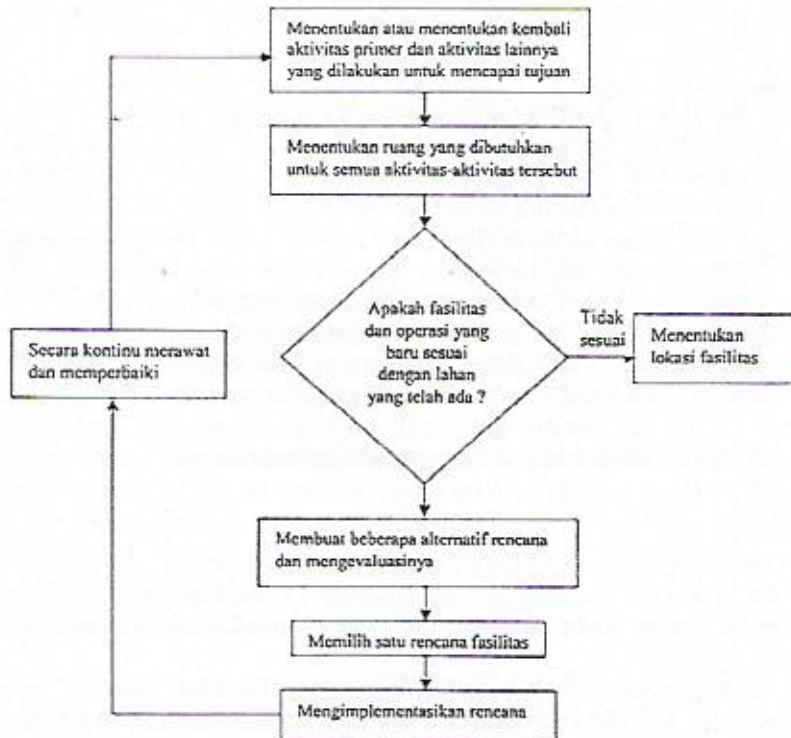
### 2. PERMASALAHAN MULTI FLOOR FACILITY LAYOUT

Permasalahan *facility layout* secara umum merupakan permasalahan untuk menemukan penyusunan mesin-mesin, peralatan, atau stasiun kerja dalam departemen secara *feasible*, tidak tumpang tindih (berdasarkan luas area yang dibutuhkan) dalam suatu fasilitas untuk meminimalkan biaya interaksi antar departemen. Biaya interaksi antar departemen biasanya ditunjukkan sebagai banyaknya aliran dikalikan dengan jarak antar departemen. Umumnya, setiap departemen mempunyai ukuran luas yang tidak sama, dan beberapa diantaranya mempunyai batasan untuk diutamakan berada pada lokasi tertentu dalam fasilitas.

Dapat dikatakan, permasalahan *multi floor facility layout* lebih menantang dibandingkan permasalahan *single floor facility layout* [9]. Kompleksitasnya meningkat terutama karena perpindahan



vertikal antar lantai. Meskipun peningkatan dalam teknologi penanganan material (khususnya untuk penanganan material antar lantai) menyediakan bagi para perancang layout sejumlah pilihan, termasuk jumlah dan lokasi peralatan penanganan vertikal yang digunakan, namun kesesakan dan kelambatan yang mungkin muncul, dan kemungkinan gangguan koordinasi antar departemen pada lantai yang terpisah merupakan faktor penting yang akan mempengaruhi keseluruhan kualitas dan efektivitas layout yang dikembangkan dengan *multi floor facility*. Lebih dari itu, batasan ruang dalam *multi floor facility* dapat menjadi lebih membatasi. Misalnya, karena kapasitas beban yang mampu ditahan lantai, jarak minimal dengan langit-langit, timbulnya panas, pengaruh proses kimia yang terjadi, dan lainnya, suatu departemen mungkin hanya dapat diletakkan pada lantai tertentu.



Gambar 1. Continuous improvement facilities planning cycle [9]

Demikian juga, meskipun jumlah luas lantai yang dapat digunakan yang tersedia dalam bangunan melebihi jumlah luas lantai yang dibutuhkan oleh departemen-departemen, tidak semua layout yang dihasilkan akan fisibel. Misalkan, sebagai contoh, sebuah *three floor facility* dengan 9 satuan luas tersedia pada setiap lantainya. Misalkan ada 7 departemen (secara urut dari 1 sampai 7) membutuhkan luas sebagai berikut, secara urut: 4 satuan luas untuk departemen 1 sampai 5, dan 3 satuan luas untuk departemen 6 dan 7, dengan total 26 (<27) satuan luas. Meskipun luas bangunan lebih besar, tidak ada penugasan departemen yang fisibel ke masing-masing lantai. Karena itu, meskipun departemen-departemen telah terdefinisi, namun tidak ada layout yang fisibel. Perlu diperhatikan juga bahwa pemotongan sebuah departemen ke dalam lantai yang berbeda, tidak diperbolehkan.

Johnson telah mendefinisikan empat permasalahan yang muncul dalam *multi floor facility layout* [4]. Keempat permasalahan tersebut adalah: bentuk dan ukuran bangunan, akses dan waktu perpindahan, informasi tentang suatu departemen (yang membatasi penempatan suatu departemen), dan fungsi obyektif yang ingin dicapai.

Meskipun *multi floor* untuk fasilitas manufaktur bukanlah hal yang umum seperti misalnya *single floor facility*, namun dengan perkembangan pada teknologi penanganan material (pemindahan) pada tahun 1980 sampai 1990-an, sejumlah perusahaan mempertimbangkan untuk memperbaiki atau membangun bangunan yang *multi floor*, khususnya dalam kasus dimana jumlah lahan terbatas. Meller, telah mengunjungi sejumlah fasilitas *multi floor* di Amerika Serikat pada tahun 1990-an, baik itu yang lama maupun yang baru, dan juga, selama kunjungannya ke Jepang, ia melihat banyak fasilitas *multi floor* digunakan untuk manufaktur maupun warehouse [6].



Fungsi obyektif untuk permasalahan *multi floor facility layout* adalah [6]:

$$\min \sum_i \sum_j (c_{ij}^H d_{ij}^H + c_{ij}^V d_{ij}^V) f_{ij} \quad (1)$$

dengan batasan:

$$\sum_k x_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_i a_{ij} x_{ij} \leq A_k \quad \forall k \quad (3)$$

dimana:

$f_{ij}$  = jumlah aliran per satuan waktu dari departemen  $i$  ke departemen  $j$

$c_{ij}^H$  = ongkos pemindahan horisontal untuk memindahkan satu unit pemindahan, satu satuan jarak dari  $i$  ke  $j$

$c_{ij}^V$  = ongkos pemindahan vertikal untuk memindahkan satu unit pemindahan, satu satuan jarak dari  $i$  ke  $j$

$a_i$  = luas minimum yang dibutuhkan untuk departemen  $i$

$A_k$  = luas lantai maksimum yang dapat digunakan, yang tersedia di lantai  $k$

Dengan fungsi obyektif di atas kita ingin meminimalkan total ongkos yang merupakan perkalian dari jarak dengan ongkos pemindahan per satuan jarak baik untuk pemindahan horisontal maupun pemindahan vertikal.

### 3. PENDEKATAN-PENDEKATAN UNTUK *MULTI FLOOR FACILITY LAYOUT*

Sejumlah prosedur heuristik telah dikembangkan untuk menyelesaikan permasalahan *multi floor facility layout*. Prosedur-prosedur heuristik tersebut memiliki kelebihan maupun keterbatasan masing-masing dan dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu *single stage approach* dan *multi stage approach*.

#### 3.1. *Single Stage Approach*

Penyelesaian permasalahan *multi floor facility layout* dengan *single stage approach* dilakukan dalam satu tahap, dimana dengan suatu metode tertentu departemen-departemen diletakkan pada suatu lantai tertentu sekaligus menyusun layout departemen-departemen tersebut pada masing-masing lantai. Dengan metode ini dapat terjadi pertukaran yang berulang-ulang sampai didapatkan layout yang optimal. Pendekatan *single stage* nampaknya dapat menghasilkan solusi yang paling baik, namun dengan syarat tidak ada batasan pada waktu run-nya [6]. Beberapa algoritma yang termasuk *single stage* adalah SABLE, SPACECRAFT, dan MULTIPLE.

##### • SABLE (*Simulated Annealing Based Layout Evaluation*)

SABLE merupakan *improvement algorithm* untuk perancangan layout berdasarkan metode *simulated annealing* [5]. Dalam algoritma ini pertama kita harus menyusun *layout vector* yaitu urutan departemen yang akan ditempatkan pada setiap lantai. *Simulated annealing* akan dimunculkan *candidate layout vector* yaitu urutan departemen yang akan ditempatkan disetiap lantai untuk setiap langkahnya. Berdasarkan *candidate layout vector* yang didapatkan, SABLE akan memulai dengan departemen pertama dalam vektor dan meletakkannya pada lantai pertama. Departemen yang kedua dalam vektor juga diletakkan pada lantai pertama, dan seterusnya, sampai penempatan departemen berikutnya menyebabkan *space overflow* (kelebihan ruang) pada lantai satu. Setelah sampai kondisi ini, departemen berikutnya diletakkan di lantai dua dan prosedur dilanjutkan sampai semua departemen dalam vektor selesai ditempatkan. Setiap departemen diletakkan berdasarkan *spacefilling curve* (kurva pengisian ruang) yaitu urutan posisi unit area yang akan diisi terlebih dahulu untuk setiap lantainya. Setiap lantai telah memiliki *spacefilling curve* masing-masing. Untuk jumlah dan lokasi lift dapat ditentukan sendiri oleh perancang.

Setelah *candidate layout vector* yang fisibel didapatkan dan semua departemen yang ada telah ditempatkan di setiap lantai, hasil dari *multi floor facility layout* dievaluasi dengan persamaan:

$$\min Z = \sum_i \sum_j (c_{ij}^H d_{ij}^H + c_{ij}^V d_{ij}^V) f_{ij} \quad (4)$$

dimana:

$f_{ij}$  = jumlah aliran per satuan waktu dari departemen  $i$  ke departemen  $j$

$c_{ij}^H$  = ongkos pemindahan horisontal untuk memindahkan satu unit pemindahan, satu satuan jarak dari  $i$  ke  $j$

$c_{ij}^V$  = ongkos pemindahan vertikal untuk memindahkan satu unit pemindahan, satu satuan jarak dari  $i$  ke  $j$



$d_{ij}^H$  = jarak pemindahan horisontal dari  $i$  ke  $j$

$d_{ij}^V$  = jarak pemindahan vertikal dari  $i$  ke  $j$

Jarak horisontal dari departemen  $i$  ke  $j$ , diasumsikan melalui *lift* yang akan meminimalkan total jarak rectilinier horisontal antara *centroid* kedua departemen. Sementara itu jarak vertikal diukur antar lantai. Kesesakan dalam *lift* dan kapasitas keseluruhan *lift* tidak digunakan dalam perhitungan. Berdasarkan nilai dari fungsi obyektif yang ditentukan pada persamaan di atas, prosedur *annealing* dijalankan dan algoritma berhenti setelah salah satu dari kriteria penghentian didapatkan.

- SPACECRAFT (*SPACE Computerized Relative Allocation of Facilities Technique*)

SPACECRAFT mengembangkan algoritma jenis *improvement single floor* yaitu CRAFT untuk digunakan pada permasalahan *multi floor* [4]. Prosedur perhitungannya terdiri dari tiga bagian. Bagian pertama adalah persiapan data yaitu data-data yang diinputkan dan persiapan data untuk prosedur pertukaran. Bagian kedua adalah prosedur *improvement* dengan melakukan pertukaran departemen. Bagian ketiga adalah tahap presentasi solusi.

Karena desain dari algoritmanya, SPACECRAFT seringkali memotong departemen menjadi dua lantai atau lebih. Metode ini juga memiliki beberapa batasan seperti yang dimiliki oleh CRAFT misalnya, hanya departemen yang mempunyai luas area yang sama dan bersebelahan yang dapat dipindahkan.

- MULTIPLE (*Multi Floor Plant Layout Evaluation*)

MULTIPLE dibuat oleh Bozer, Meller, dan Erlenbacher secara khusus untuk permasalahan *multi floor facility*, meskipun juga dapat digunakan untuk permasalahan *single floor facility layout* [1]. Kecuali untuk prosedur pertukaran departemen dan pembentukan layout-nya, MULTIPLE sama dengan CRAFT. Metode ini menggunakan *from to chart* sebagai input data untuk alirannya, dan fungsi obyektif yang sama dengan CRAFT.

Perbedaan mendasar antara MULTIPLE dan CRAFT adalah bahwa MULTIPLE dapat menukar dua departemen meskipun keduanya tidak bersebelahan (*adjacent*). MULTIPLE menghilangkan batasan yang ada pada SPACECRAFT dengan menggunakan *spacefilling curves*; metode ini dapat menukar dua departemen dalam satu lantai maupun antar dua lantai (sepanjang luas lantainya masih memungkinkan) tanpa memotong departemen.

SABLE merupakan pengembangan dari metode MULTIPLE, yaitu dengan dua cara: (1) metode ini menggunakan teknik pencarian *simulated annealing* (bandingkan dengan metode *steepest descent* yang digunakan dalam MULTIPLE dan CRAFT) untuk menentukan *layout vector*, dan (2) metode ini mempertimbangkan pertukaran yang lebih umum dari *two way* atau *three way exchange*. Ketiga algoritma tersebut dimulai dari *initial layout* yang telah ada dan kemudian memperbaikinya. MULTIPLE nampak lebih baik daripada SPACECRAFT, dan SABLE juga nampak lebih baik dari MULTIPLE dengan waktu *run* yang hampir sama namun mengurangi bias dari *initial layout* [6].

### 3.2. Two Stage Approach

Penyelesaian permasalahan *multi floor facility layout* dengan *two stage approach* dilakukan dalam dua tahap. Pada tahap pertama, setiap departemen ditugaskan secara permanen pada satu lantai tertentu. Pada langkah berikutnya, layout masing-masing lantai dibuat satu persatu, independen dari lantai lainnya. Beberapa algoritma yang termasuk *two stage approach* adalah ALDEP, BLOCPLAN, dan STAGES.

- ALDEP (*Automated Layout Design Program*)

ALDEP pertama kali diperkenalkan oleh Seehof dan Evans [7]. ALDEP merupakan model pertama yang dapat digunakan untuk permasalahan *multi floor facility*. ALDEP menggunakan *relationship* antar departemen untuk menyusun layout.

Pada langkah pertama ALDEP akan memilih satu departemen secara random dan dimasukkan pada layout. Selanjutnya ALDEP akan mencari departemen yang mempunyai hubungan "A" dengan departemen yang telah dipilih sebelumnya. Jika telah didapatkan maka departemen tersebut akan dimasukkan pada layout. Jika terdapat dua atau lebih departemen dengan *relationship* yang sama maka dapat dipilih secara random. Langkah ini dilakukan berulang-ulang sampai semua departemen telah ditempatkan pada layout. Dalam kasus *multi floor facility layout* maka penempatan layout akan dibatasi oleh luas area yang tersedia pada masing-masing lantai.

ALDEP mengabaikan perpindahan vertikal setelah departemen-departemen ditugaskan pada suatu lantai tertentu. Hal ini dapat terjadi dengan asumsi bahwa tidak terjadi perpindahan vertikal atau perpindahan tersebut akan minimum karena penugasan pada langkah pertama sudah optimal. ALDEP juga



tidak mempertimbangkan lokasi *lift*. Namun pada ALDEP departemen dapat dipotong kedalam dua atau tiga lantai untuk mempertahankan fisibilitas luas area setiap lantai.

- BLOCPLAN

BLOCPLAN merupakan program yang dibuat oleh Donaghey dan Pire [2]. BLOCPLAN digunakan untuk menyusun *single floor facility* maupun *multi floor facility layout*. BLOCPLAN dapat menggunakan data-data kualitatif berupa *relationship* antar departemen maupun data-data kuantitatif seperti jumlah aliran atau frekuensi perjalanan antar departemen.

Sama seperti ALDEP, BLOCPLAN mengabaikan perpindahan vertikal setelah departemen-departemen ditugaskan pada suatu lantai tertentu. BLOCPLAN menggunakan metode heuristik (yaitu berdasarkan kedekatan) untuk menugaskan departemen ke masing-masing lantai. Departemen yang ditempatkan pada lantai yang berbeda dianggap tidak memiliki kedekatan, sementara departemen yang berada pada lantai yang sama dianggap mempunyai kedekatan yang besar.

Ide dasar dalam BLOCPLAN adalah memperlakukan *three dimensional layout problem* menjadi beberapa *two dimensional layout problem*. Jumlah *two dimensional problem* tergantung dari jumlah lantai dalam layout.

Untuk membangun sebuah *multi floor layout*, BLOCPLAN pertama akan menanyakan jumlah lantai. Kemudian BLOCPLAN akan menanyakan daftar fasilitas yang akan ditempatkan pada masing-masing lantai. Untuk hal ini kita dapat mengisikan secara manual atau membiarkan BLOCPLAN menentukan sendiri. Setelah alokasi fasilitas setiap lantai didapatkan dan disimpan dalam program, BLOCPLAN akan memperlakukan setiap lantai sebagai permasalahan layout yang terpisah dan menggunakan *relationship* pada masing-masing lantai untuk menyusun layout.

- STAGES

STAGES merupakan pengembangan dari ALDEP dan BLOCPLAN. STAGES diperkenalkan oleh Meller dan Bozer [6]. Pada STAGES, langkah pertama diselesaikan secara optimal. Selain itu, ALDEP dan BLOCPLAN dibatasi oleh satu atau lebih kondisi berikut: hanya satu lokasi *lift* yang dimungkinkan, departemen-departemen dapat dipisah pada dua atau lebih lantai, dan (pada langkah kedua) layout setiap lantai ditentukan secara terpisah satu persatu. Pendekatan dua langkah yang diberikan pada STAGES, memungkinkan adanya beberapa lokasi *lift*, dan tidak akan mengijinkan departemen terpisah antar lantai. Juga, pada langkah kedua, layout setiap lantai ditentukan secara konkuren; yaitu, layout semua lantai dipertimbangkan dengan mengevaluasi kemungkinan perubahan layout pada satu atau lebih lantai.

Langkah pertama pada STAGES, yaitu untuk menugaskan fasilitas pada masing-masing lantai dilakukan dengan menggunakan model *linear mix integer programming* (MIP) yang mengasumsikan bahwa jarak antar lantai adalah sama, misalnya jarak antara lantai 1 dan 2, sama dengan jarak lantai 2 ke lantai 3, dan seterusnya. Hal ini dilakukan untuk menyederhanakan *Quadratic Assignment Problem* (QAP) yang muncul. Fungsi tujuan yang ingin didapatkan adalah meminimalkan total perpindahan vertikal yang terjadi. [9]

Fungsi tujuan ini didapatkan dengan persamaan:

$$\text{Minimalkan } z = \sum_{m=1}^M V_m \quad (5)$$

dengan batasan:

$$y_i = \sum_{g=1}^G x_{ig} \quad \text{dimana } i = 1, \dots, N \quad (6)$$

$$V_m \geq \delta(c_{ij}^V f_{ij}^m)(y_i - y_j) \quad \text{dimana } m = 1, \dots, M \quad (7)$$

$$V_m \geq \delta(c_{ij}^V f_{ij}^m)(y_j - y_i) \quad \text{dimana } m = 1, \dots, M \quad (8)$$

$$\sum_{g=1}^G x_{ig} = 1 \quad \text{dimana } i = 1, \dots, N \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^N a_i x_{ig} \leq A_g \quad \text{dimana } g = 1, \dots, G \quad (10)$$

dimana:

$x_{ig} = 1$  jika departemen  $i$  ditugaskan ke lantai  $k$



$x_{ig} = 0$  jika sebaliknya

$i, j$  menunjukkan departemen      dimana  $i, j = 1, \dots, N$

$g$  menunjukkan lantai      dimana  $g = 1, \dots, G$

$\delta$  menunjukkan jarak antara dua lantai yang berdekatan

Langkah kedua dilakukan untuk menentukan susunan layout untuk masing-masing lantai. STAGES mengasumsikan bahwa jarak horisontal antara dua departemen yang berada pada lantai yang sama diukur secara *rectilinear* antara *centroid* kedua departemen. Aliran vertikal antara dua departemen (yang berada pada lantai yang berbeda) diasumsikan dilakukan dengan *lift*, yang meminimalkan total jarak perpindahan horisontal antar dua departemen; dengan persamaan:

$$d_{ij}^H = \min_{\ell} (d_{i\ell}^H + d_{\ell j}^H) \quad (11)$$

dimana:

$d_{i\ell}^H$  = menunjukkan jarak *rectilinear* untuk perpindahan horisontal dari *centroid* departemen  $i$  ke lift  $\ell$

Selanjutnya akan dilakukan pertukaran lokasi satu atau lebih departemen pada satu atau lebih lantai, tetapi tidak mengubah penempatan departemen setiap lantai. Dengan demikian, pada langkah kedua akan tetap mempertahankan biaya pemindahan vertikal yang minimum (yang dihasilkan dari langkah pertama) serta berusaha meminimalkan biaya pemindahan horisontal dengan mengatur ulang layout setiap lantai.

## 4. TINJAUAN PERMASALAHAN

### 4.1. Karakteristik Lahan dalam Penentuan Lokasi Pabrik

Dalam proses perancangan sebuah pabrik atau fasilitas manufaktur, pertama-tama kita perlu menentukan lokasi dimana fasilitas tersebut akan didirikan. Dengan berbagai pertimbangan seperti lokasi pasar, ketersediaan sumber bahan bakar, tenaga kerja, transportasi, energi, iklim maupun peraturan-peraturan yang berlaku kita dapat menentukan lokasi secara umum dimana fasilitas akan didirikan. Langkah berikutnya kita harus mencari dan menentukan lokasi spesifik yaitu berupa lahan (lahan kosong) yang dapat dibeli dan digunakan sebagai fasilitas manufaktur.[10]

Dalam penentuan lahan ini, biasanya kita akan mencari dan memunculkan sejumlah alternatif lahan. Masing-masing lahan mempunyai karakteristik masing-masing seperti harga tanah, jarak dari pusat kota, jarak dari jalan raya, tingkat kepadatan penduduk, dan juga bentuk lahan khususnya bentuk permukaan lahan tersebut. Berkaitan dengan bentuk lahan tersebut, pada kenyataannya bentuk lahan tidak selalu datar, tetapi bisa juga miring, misalnya di daerah perbukitan, atau mungkin juga gabungan keduanya. Untuk suatu luasan yang besar ternyata ada bagian lahan yang datar tetapi ada juga bagian yang lebih tinggi dari bagian lainnya. Sebagai contoh ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah.

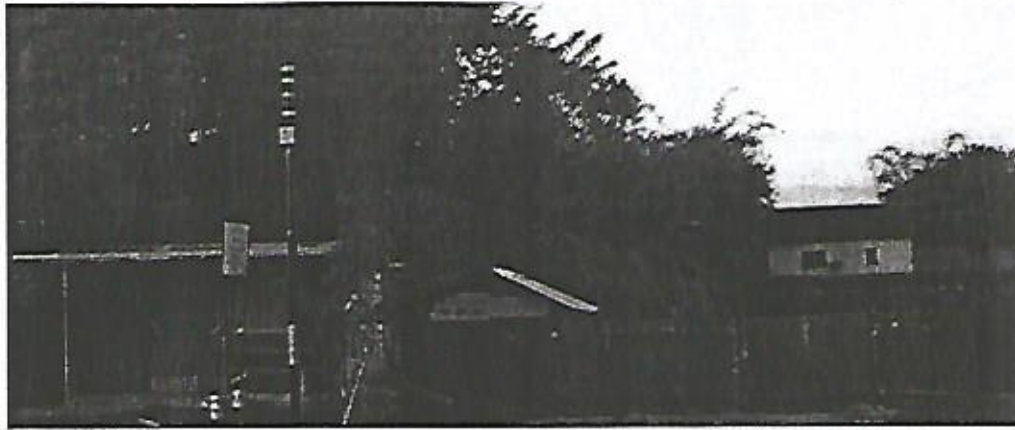
Pada keadaan dimana kita mendapati lahan yang miring atau berbeda ketinggiannya, kadang kita mendapati juga sejumlah keuntungan seperti harga tanah yang lebih murah, lokasi yang ditepi jalan raya, dan tingkat penduduk yang tidak terlalu padat sehingga memungkinkan untuk mendirikan pabrik. Dalam keadaan ini kita dihadapkan pilihan, yaitu:

- Apakah kita akan memilih lahan tersebut ? atau
- Apakah kita tidak memilihnya dan lebih memilih untuk mencari lahan yang lain ?

Jika kita menetapkan untuk memilih lahan tersebut, kita akan dihadapkan lagi pada beberapa pilihan lain, yaitu:

- Apakah kita akan meratakan lahan tersebut untuk mendirikan suatu *single floor facility* ? Tentu membutuhkan biaya yang besar untuk meratakan lahan tersebut.
- Apakah kita akan membiarkan lahan yang berbeda ketinggian tersebut, dan mendirikan suatu *single floor facility* sehingga bangunan-bangunan yang kita dirikan berada pada ketinggian yang berbeda ? Kita dapat menghubungkannya misalkan dengan jalan yang menanjak atau semacam tangga berundak untuk memudahkan proses pemindahan.
- Apakah kita akan membiarkan lahan yang berbeda ketinggian tersebut, dan mendirikan suatu *multi floor facility* untuk memanfaatkan perbedaan ketinggian tersebut ?





Gambar 2. Contoh lahan yang bertingkat

#### 4.2. Hipotesis Awal

Seperti disebutkan dalam abstrak tulisan ini, kita dapat mempertimbangkan penyusunan multi floor facility sebagai alternatif penyusunan layout untuk memanfaatkan karakteristik lahan. Dalam bagian pendahuluan telah disebutkan keuntungan dari multi floor facility layout antara lain adalah kebutuhan luas lahan yang lebih kecil. Pada bagian lain dalam pendahuluan juga telah disebutkan salah satu permasalahan yang muncul dalam multi floor facility adalah masalah pemindahan material. Dalam multi floor facility terdapat pemindahan material secara vertikal baik itu ke atas (ke lantai di atasnya) dan juga pemindahan ke bawah (ke lantai di bawahnya). Pada bagian 4.1. di atas juga nampak bahwa dalam menentukan lokasi di mana pabrik akan didirikan dapat muncul pilihan dimana lahan memiliki bagian yang mempunyai ketinggian berbeda.

Permasalahan utama yang diungkapkan di sini adalah:

- Bagaimana kita menyusun layout fasilitas sehingga sesuai dengan kondisi lahan yang kita miliki ?
- Dapatkah kondisi lahan yang kita miliki memberikan keuntungan tersendiri dalam rancangan layout yang kita buat ?

atau pada intinya:

- Apakah penyusunan *multi floor facility layout* pada kondisi lahan yang miring atau bertingkat lebih menguntungkan daripada penyusunan *single floor facility* ?

Dalam pemikiran awal ini, penulis mempunyai pandangan bahwa kita dapat memanfaatkan kondisi lahan yaitu berupa lahan yang mempunyai kemiringan atau ketinggian yang berbeda, dengan membangun suatu *multi floor facility layout*. Untuk sejumlah pabrik dengan karakteristik produksi tertentu, akan mempunyai keuntungan jika fasilitas produksinya disusun dalam *multi floor facility*. Misalkan pabrik dengan aliran material yang cenderung searah seperti pada sistem *flow shop*, yang tidak memiliki aliran balik dan urutan yang bermacam-macam dan berubah-ubah. Dalam kondisi seperti ini kita dapat meminimalkan perpindahan vertikal terutama aliran dari bawah ke atas.

#### 4.3. Ilustrasi Penyusunan Multi Floor Facility Layout

Berikut adalah ilustrasi permasalahan perancangan multi floor facility pada kondisi lahan yang bertingkat. Sebagai studi kasus dimunculkan gambaran kasar perancangan multi floor facility untuk fasilitas produksi di PT. Rodeo Knitting & Garment Industries, Semarang. Data-data diambil dari Laporan Kerja Praktek Nardi Sugiyarto [8]. Departemen-departemen yang terdapat pada perusahaan tersebut:

- Kantor
- *Receiving* Bahan Baku
- Gudang Bahan Baku
- Gudang *Accessories*
- Departemen produksi, terbagi menjadi dua:
  - ♦ Departemen *Knitting* : Bagian *Spinning*, Bagian *Dyeing*, Bagian *Finishing*
  - ♦ Departemen Garment : Bagian Pola, Bagian *Cutting*, Gudang Transit Bahan, Bagian *Sewing*, Bagian *Finishing & Quality Control*
- Gudang Produk
- *Shipping*

Gambar 3 di bawah merupakan ilustrasi kondisi lahan yang digunakan untuk menyusun *multi floor facility* tersebut.



Gambar 3. Kondisi lahan

Ilustrasi penyusunan *multi floor* untuk kasus di atas:

- Daerah atas, terdiri dari: Kantor, *Receiving* Bahan Baku, Gudang Bahan Baku, Gudang *Accessories*
- Lantai dua daerah bawah, terdiri dari: Departemen *Knitting* (Bagian *Spinning*, *Dyeing*, dan *Finishing*)
- Lantai satu daerah bawah, terdiri dari: Departemen *Garment* (Bagian Pola, *Cutting*, Gudang Transit Bahan, *Sewing*, serta *Finishing* dan *Quality Control*), Gudang Produk, *Shipping*

## 5. KESIMPULAN

*Multi floor facility layout* merupakan salah satu alternatif perancangan layout suatu fasilitas. Untuk mengetahui apakah *multi floor layout* memberikan lebih banyak keuntungan pada kondisi lahan yang miring atau bertingkat maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut melalui sejumlah studi kasus. Jika memberikan lebih banyak keuntungan maka *multi floor facility layout* patut menjadi pilihan dalam perancangan fasilitas pada kondisi lahan yang miring atau bertingkat.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bozer, Yavuz A., Meller, R.D., & Erlebacher, J., "An Improvement Type Layout Algorithm for Single and Multiple Floor Facilities", *Management Science*, page 918-932.
- [2] Donaghey, S. E., & Pire, V. F., 1990, "Solving the Facility Layout Problem with BLOCPAN", *Industrial Engineering Department, University of Houston*.
- [3] Heragu, S., 1997, *Facilities Design*, PWS Publishing.
- [4] Johnson, Roger V., 1982, "SPACECRAFT FOR MULTI FLOOR LAYOUT PLANNING", *Management Science*, page 407.
- [5] Meller, Russel D., & Bozer, Yavuz A., 1996, "A New Simulated Annealing Algorithm for the Facility Layout Problem", *International Journal of Production Research*, page 1675-1692.
- [6] Meller, Russel D., & Bozer, Yavuz A., 1997, "Alternative Approaches to Solve the Multi Floor Facility Layout Problem", *Journal of Manufacturing Systems*, page 192-203.
- [7] Seehof, J. M., & Evans, W. O., 1967, "Automated Layout Design Program", *Journal of Industrial Engineering*, page 690-695.
- [8] Sugiyarto, Nardi., 2000, *Laporan Kerja Praktek di PT. Rodeo Knitting & Garment Industries, Universitas Atma Jaya Yogyakarta*.
- [9] Tompkins, James A., et al., 2003, *Facilities Planning*, John Wiley & Sons.
- [10] Wignjosoebroto, S., 2000, *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*, Guna Widya.